

В.Н. РУСЕЦКИЙ, главный метролог ОАО "МАЗ", Минск, Беларусь;
В.Е. АНТОНЮК, д.т.н., главный научный сотрудник ОИМ НАН Беларуси, Минск

ВОЗМОЖНОСТИ ДВУХПРОФИЛЬНОГО КОНТРОЛЯ КОНИЧЕСКИХ ПРЯМОЗУБЫХ КОЛЕС

Изложен метод двухпрофильного контроля конических прямозубых передач. Для реализации этого метода контроля разработана схема измерительных и образцовых конических зубчатых колес. Приведены рекомендации по реализации двухпрофильного метода контроля в условиях массового производства с использованием средств с записывающими устройствами.

Ключевые слова: коническое зубчатое колесо, точность, измерительное колесо, двухпрофильный контроль, метод записи

Актуальность задачи. Двухпрофильный контроль является наиболее распространенным параметром контроля зубчатых колес в серийных производствах и его особенностью является возможность одновременного контроля норм кинематической точности, норм плавности и норм бокового зазора. Двухпрофильный контроль может применяться для контроля цилиндрических, конических и червячных передач, что позволяет считать его универсальным методом контроля зубчатых передач [1-3].

В связи с созданием новых средств измерения в последние годы появились приборы для двухпрофильного контроля не только по предельным значениям, что соответствует ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 1758-81, но и с полной записью характера изменения ИМП [4-6].

Анализ последних исследований и литературы. Фирма FRENCO GmbH [6] предлагает гамму приборов двухпрофильного контроля зубчатых колес вертикального, горизонтального и специального исполнения с записывающими устройствами и программным обеспечением для анализа причин погрешностей.

Программное обеспечение для анализа результатов измерения двухпрофильного контроля позволяет выделять из графика записи результата двухпрофильного контроля элементарные составляющие по DIN 3960/3963. Программное обеспечение обработки результатов двухпрофильного контроля F_i'' позволяет выделять частотные составляющие, что значительно облегчает выявление возможных причин погрешности измеряемого зубчатого колеса.

В конечном итоге можно сделать вывод о том, что большинство зарубежных изготовителей зубчатых колес широко используют двухпрофильный контроль с записью результатов контроля, что значительно расширяет возможности статистической обработки результатов контроля, хранения информации и выявления причин возникновения тех или других погрешностей.

Если сегодня имеется определенный прогресс в использовании двухпрофильного контроля для цилиндрических зубчатых колес, то для конических зубчатых колес такой контроль практически не применяется.

Постановка задачи. Для контроля точности конических зубчатых колес по ГОСТ 1758-81 для степеней точности начиная с 5-ой и кончая 12-ой рекомендуется использование двухпрофильного контроля, причем начиная с 9-ой по 12-ую степень точности использование двухпрофильного контроля является достаточным для полного контроля норм кинематической точности и норм плавности.

© В.М. Русецкий, В.С. Антонюк, 2013

Материалы исследований. В соответствии с ГОСТ 1758-81 [7] для конических зубчатых колес при двухпрофильном контроле по измерительному межосевому углу назначаются следующие измерительные параметры:

- колебание измерительного межосевого угла за полный цикл $F_{i\Sigma or}^{//}$ (или за полный оборот зубчатого колеса $F_{i\Sigma r}^{//}$),
- колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе за полный цикл $f_{i\Sigma or}^{//}$ (или за полный оборот зубчатого колеса $f_{i\Sigma r}^{//}$),
- отклонения межосевого угла передачи $E_{\Sigma k}$.

Колебание измерительного межосевого угла за полный цикл $F_{i\Sigma or}^{//}$ (или за полный оборот зубчатого колеса $F_{i\Sigma r}^{//}$) определяется как разность между наибольшим и наименьшим измерительным межосевым углом при изменении относительного положения зубчатых колес зубчатой пары (или измерительной пары) при беззазорном их зацеплении за полный цикл (или за оборот колеса) (рисунок 1).

По ГОСТ 1758-81 допускается вместо контроля измерительного межосевого угла контролировать осевое перемещение одного из колес в плотном зацеплении.

В предыдущие годы делались попытки повысить точность средств двухпрофильного контроля. Минским проектно-конструкторским технологическим институтом (МПКТИ) была создана гамма приборов двухпрофильного контроля конических зубчатых колес с приводом вращения и автоматизированным контролем основных параметров с помощью датчиков, работающих по принципу "годен-негоден" (рисунок 2) [8]. Основные проблемы использования двухпрофильного контроля для конических зубчатых колес связаны с проектированием и изготовлением измерительных колес.

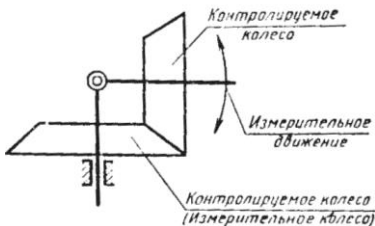


Рисунок 1 – Параметры измерительного межосевого угла

Для **конических зубчатых колес** отсутствует ГОСТ по проектированию измерительных колес для двухпрофильного зацепления. Основное требование к измерительным зубчатым колесам для конических передач заключается в создании измерительных зубчатых колес, у которых толщина зуба должна быть увеличена на величину среднего утонения, предусмотренного для измеряемого колеса.

В отличие от цилиндрических зубчатых колес система измерительных конических колес состоит из контрольных колес, предназначенных для контроля производственных деталей, и образцовых колес, предназначенных для контроля контрольных

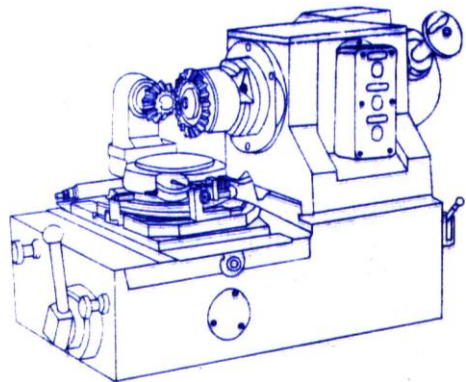


Рисунок 2 – Автоматизированный прибор двухпрофильного контроля для конических зубчатых колес конструкции МПКТИ

колес. Схема контрольных и образцовых шестерен (колес), предназначенных для контроля шестерни и колеса прямозубой конической передачи, представлена на рисунке 3.

ГОСТ 1758-56 предусматривает контроль конических зубчатых колес в плотном зацеплении на приборах двухпрофильного контроля при совпадении вершин начальных конусов. Поэтому для обеспечения этого условия используются измерительные шестерни (колеса) с условными названиями "нулевые", "утолщенные", "утоненные".

Контрольные и образцовые шестерни (колеса) с номинальной толщиной зубьев условно называются "нулевыми".

Контрольные и образцовые шестерни (колеса) с номинальной толщиной зубьев, увеличенной на величину наименьшего утонения зубьев контролируемого колеса (шестерни), условно называются "утолщенными".

Контрольные и образцовые шестерни (колеса) с номинальной толщиной зубьев, уменьшенной на величину наименьшего утонения зубьев контролируемого колеса (шестерни), условно называются "утоненными".

При проверке на приборах двухпрофильного комплексного контроля обычно выполняют посадочные места проверяемой шестерни-детали (колеса-детали) и контрольного колеса (шестерни) в соответствии с посадочными местами шестерни-детали и колеса-детали, что обеспечивает возможность контроля на одном приборе шестерен-деталей и колес-деталей. На приборах двухпрофильного контроля производится контроль деталей как до термообработки, так и после термообработки окончательно обработанных деталей.

В настоящее время отсутствует стандарт, регламентирующий нормы точности и контрольные комплексы контрольных и образцовых шестерен для контроля прямозубых конических колес. Поэтому назначение норм точности и контрольных комплексов контрольных и образцовых шестерен производится исходя из технологических возможностей оборудования для обработки зубьев прямозубых конических колес. Применительно к прямозубым коническим передачам 9-й степени точности целесообразно нарезание зубьев конических и образцовых шестерен на станках того же типа и при тех же наладках, что приняты для нарезания зубьев производственных деталей. Это гарантирует идентичность профилей зубьев производственных, контрольных и образцовых шестерен, что в свою очередь поз-

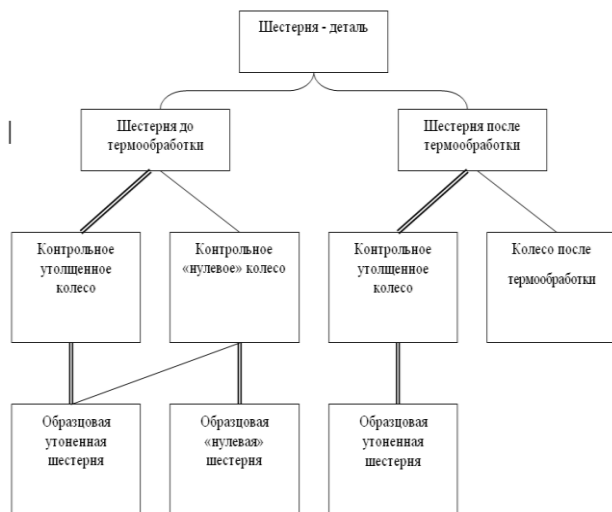


Рисунок 3 – Схема контрольных и образцовых шестерен (колес) для контроля шестерни и колеса прямозубой конической передачи:

— — контроль на контрольно-обратном станке
 — — контроль на приборе двухпрофильного комплексного контроля

воляет обеспечить одинаковые условия зацепления для всех случаев контроля.

В соответствии с этим рекомендуется изготовление контрольных и образцовых конических шестерен из стали 38ХМЮА с последующим азотированием на глубину 0,3-0,5мм до твердости HRC 68-72. Образцовые шестерни (колеса) изготавливаются по 7-й степени точности по ГОСТ 1756-56. Для повышения точности контрольных и образцовых конических шестерен можно использовать обработку алмазными инструментами на станках того же типа и при тех же наладках, что приняты для нарезания зубьев измерительных шестерен [9].

Результаты исследований. Из-за отсутствия возможностей использования двухпрофильного контроля ряд изготовителей конических передач использует измерительные центры. Если переводить этот метод контроля в экономику, то при контроле на измерительном центре нужно иметь измерительный центр стоимостью около 0,5млн.евро, специальное термоконстантное помещение, квалифицированного оператора, время контроля примерно 3-4 часа на измерение одного зубчатого колеса. Так как на измерительном центре обычно контролируется 3-4 зуба, то при таком контроле нет гарантий о полном контроле всех зубьев. Кроме того, при массовом производстве вообще невозможно обеспечить 100% контроль на измерительном центре.

При использовании двухпрофильного контроля нужно иметь прибор двухпрофильного контроля стоимостью около 0,1млн.евро, систему измерительных колес, прибор устанавливается на производственном участке и обеспечивает 100% контроль зубчатых колес, высокой квалификации оператора не требуется, время контроля не более 3...5 минут.

Использование для двухпрофильного контроля современного метода записи измерения и программного обеспечения для анализа причин погрешностей позволяют значительно повысить точность и объективность контроля конических зубчатых колес, расширить информационную базу для оценки качества зубчатых колес и производить целенаправленный отбор зубчатых колес с требуемыми свойствами [10].

Выводы:

1. В условиях массового производства конических прямозубых передач предлагается использовать метод двухпрофильного контроля в соответствии с ГОСТ 1758-81.

2. Для реализации этого метода контроля разработана система измерительных конических зубчатых колес, состоящая из контрольных колес для контроля производственных деталей и образцовых колес для воспроизводства и контроля контрольных колес.

3. Предлагается при использовании приборов двухпрофильного контроля конических колес использовать методику записи и анализа погрешности, которая используется в современных приборах двухпрофильного контроля цилиндрических колес.

Список литературы: 1. Марков А.Л. Измерение зубчатых колес. – Л.: Машиностроение, 1968. – 308с. 2. Антонюк В.Е., Кане М.М., Старжинский В.Е., Сусин А.А. и др. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач. – Минск: УП "Технопринт", 2003. – 766с. 3. Антонюк В.Е. Тенденции современного производства зубчатых колес // Инженерный журнал. Справочник. Приложение №12. – 2004. – С.2-15. 4. Проспект фирмы Hommelwerke GmbH // "Hommel Zweiflanken-Wälzmeßgeräte fühlen allen Getriebeverzahnungen auf den Zahn". – 2002. 5. Проспект фирмы Hommelwerke GmbH // "Zweiflanken-Wälzmeßgerät 8305". 2002. 6. Проспект фирмы Frencо GmbH "Zweiflankenwälzprüfgeräte". – 2005. 7. ГОСТ 1758-81 (СТ СЭВ 186-75 и СТ СЭВ 1161-78) Передачи зубчатые конические и гипоидные. Допуски. – 01.01.1982. 8. Козлов Л.А., Барановский М.И. Приборы двухпрофильного контроля прямоу-

бых конических колес по межосевому углу. – Минск: БелНИИНТИ, 1986. – 2с. **9. Антонюк В.Е., Изудеман Р.Е., Белов А.М.** Финишная обработка зубьев закаленных измерительных конических прямозубых колес специальным алмазным инструментом // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1982. – №3. – С.101-105. **10. Антонюк В.Е., Русецкий В.Н.** Возможности современных средств двухпрофильного контроля зубчатых колес // Вестник Полоцкого государственного университета. Промышленность. Прикладные науки. Технология машиностроения. – №8. – 2009. – С.101-105.

Поступила в редколлегию 18.04.2013

УДК 621.833;539.3

Возможности двухпрофильного контроля конических прямозубых колес / В.Н. Русецкий, В.Е. Антонюк // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми механічного приводу. – Х.: НТУ "ХПІ". – 2013. – №41(1014). – С.125-129. – Бібліогр.: 10 назв.

Викладено метод двопротильного контролю для конічних коліс з прямими зубцями. Для впровадження цього методу контролю розроблені схема вимірювання та модель приладу для контролю. Описано рекомендації для впровадження двопротильного контролю в умовах масового виробництва з використанням засобів з записуючими приладами.

Ключові слова: конічне зубчасте колесо, точність, вимірювальне колесо, двопротильний контроль, метод запису.

The method of It is offered for conic wheels with direct teeth to use modern means of the two-profile control with recorders. The scheme of measuring and exemplary conic cogwheels is developed for realization of this quality monitoring. Recommendations about realization of a two-profile quality monitoring of conic transfers in the conditions of mass production are resulted.

Keywords: bevel gear, precision, measuring wheel, two-profile control, recording method.

УДК 539.3

Н.Б. СКРИПЧЕНКО, аспирант каф. ТММ и САПР НТУ "ХПИ";
Н.Н. ТКАЧУК, к.т.н., младший научный сотрудник каф. КГМ им. А.А. Морозова НТУ "ХПИ", ун-т Стэнфорда, США;
Н.А. ТКАЧУК, д.т.н., проф., заведующий каф. ТММ и САПР НТУ "ХПИ";
Д.С. МУХИН, бакалавр комп. наук, студент каф. ТММ и САПР НТУ "ХПИ"

АНАЛИЗ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЛАДКИХ И ШЕРОХОВАТЫХ ТЕЛ МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Поставлена и решена задача о взаимодействии гладких и шероховатых тел. Задача сведена к граничному интегральному уравнению. Влияние шероховатости моделируется при помощи упругого основания Винклера.

Ключевые слова: контактное взаимодействие, метод граничных элементов.

Введение. В конструкциях машин, оборудования и оснастки для осуществления связанных движений и усилий сопряжения традиционно применялись различные виды подвижных соединений. Однако тенденции усложнения кинематических схем, а также интенсификация условий нагружения приводят к неприменимости как известных конструктивных решений, так и методов их расчета. Для современного машиностроения характерным является широкое применение машин, в которых передача требуемых сложных видов движения и значительных рабочих усилий осуществляется посредством контакта сложнопрофильных деталей. Это, например, передача технологических усилий в штампах различного типа, закрепление и базирование заготовок при механообработке на разнообразных металлорежущих станках, передача рабочих нагрузок между зубчатыми колесами в редукто-